CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA CARTA DE PIATÃ-BA COM O USO DAS GEOTECNOLOGIAS

Elane Fiúza BORGES1
Washington Sant`anna da Franca ROCHA2
Joselisa Maria CHAVES3
Raquel de Matos Cardoso do VALE4
Luís Magno Gomes das VIRGENS[5]

RESUMO

Há uma necessidade cada vez mais veemente de se estudar a Geomorfologia, visto que, esta desempenha importante função na ocupação e gestão do espaço geográfico no qual as relações estabelecidas entre os fatores físicos, bióticos e sociais deveriam ocorrer de forma harmoniosa. O presente trabalho aborda este enfoque, sendo voltado à delimitação e caracterização geomorfológica da Carta de Piatã. A área de estudo está localizada na porção central da Bahia, mais precisamente a sudoeste da Chapada Diamantina, tendo por limites as coordenadas de latitude de 13° a 13° e 30`S e longitude de 41° e 30`a 42° W. A metodologia está baseada no uso das Geotecnologias, (arte e técnica de estudar a superfície da Terra e adaptar as informações às necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos), tendo sido utilizadas as ferramentas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG), as quais possibilitaram o Processamento Digital da Imagem de satélite e do Modelo Digital do Terreno (MDT) da área e a integração de dados, a partir dos produtos derivados, como o mapa de declividade, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o fatiamento do MDT. Tais produtos foram integrados pelo método Árvore de Decisão, a fim de delimitar as unidades geomorfológicas existentes.Como resultados foram definidas cinco unidades, descritas a seguir: Unidade 1 – Pediplano Central - encontra-se escalonado entre 1000 e 1400 m de altitude, constituindo terrenos tabulares com textura lisa e declividade inferior a 10°. É uma área de cobertura detrítica que está geneticamente ligada aos ciclos de aplainamentos do final do Fanerozóico, distribuindo-se nas superfícies elaboradas por estes ciclos. Unidade 2 – esta unidade geomorfológica constitui-se numa superfície deprimida, com altitude de até 800 m, onde se encontra o Pediplano Sertanejo cercado por relevos relativamente mais elevados, como o Pediplano Central, este caracterizado pelos altiplanos com altitude predominantemente de até 1000 m; a topografia quase totalmente plana, porém com relevos residuais que se salientam, com declividade em até 20°. O substrato geológico é formado pela Formação Seabra e pelo Complexo de Granitóides. Nesta unidade, em relação às demais, a vegetação se destaca, sendo caracterizada como caatinga, tendo o NDVI superior a 0.1. Unidade 3 – duas feições se destacam nesta unidade, uma caracterizada pelo relevo escarpado com declividade de até 84°, altitude de 1200 até 1600 m, formando a Anticlinal de Piatã e a outra feição apresentando cotas altimétricas que alcançam até 1400 m com declividade inferior a 10°. Em termos de substrato geológico predomina a Formação Caboclo, contornada pela formaçãoTombado. O relevo nesta unidade sofreu o processo de dissecação diferencial, sendo que as elevações residuais, nas Serras da Tromba e do Atalho, são denominadas de borda sinclinal suspensa. Unidade 4 –Relevo montanhoso em estruturas dobradas, da parte ocidental daChapada Diamantina, sobre o extrato geológico da Formação Seabra, com altitude superior a 1400m e NDVI menor que 0.1. A declividade nesta unidade se apresenta

[1] Universidade Estadfual de Feira de Santana, graduanda, elanegeo@yahoo.com.br
[2] Universidade Estadfual de Feira de Santana, joselisa@uefs.br
[3] Universidade Estadfual de Feira de Santana, vale@uefs.br
[4] Universidade Estadfual de Feira de Santana,lumago@bol.com.br
[5] Universidade Estadfual de Feira de Santana, graduanda, elanegeo@yahoo.com.br

bastante expressiva em relação às demais,alcançando 84°, sendo uma área de topografia peculiar, com destaque para os pontos mais elevados da Bahia que são o Pico do Barbado e o do Itubira, ambos localizado na Serra da Mesa, com altitude de 2.033 m e 1970 m, respectivamente. Unidade 5 – trecho aplanado, considerado como pediplano elaborado em sucessivas fases e parcialmente dissecados, com declividade inferior a 10° e altitude entre 1000 e 1400 m. Apresenta-se desnudo, com NDVI de até 0.1. O uso das Geotecnologias neste trabalho se mostrou eficiente na delimitação das unidades geomorfológicas, esperando-se, na continuidade deste trabalho, obter critérios para maior detalhamento das unidades.

1- INTRODUÇÃO

Há uma necessidade cada vez maior de se estudar a Geomorfologia, visto que esta desempenha importante função no uso e gestão do meio ambiente, no qual as relações estabelecidas entre os fatores físicos, bióticos e sociais deveriam dar-se de forma harmoniosa. A tentativa de se desenvolver técnicas e metodologias que facilitem o importante estudo da Geomorfologia, a partir do seu mapeamento e da caracterização de suas feições, impulsiona o trabalho dos especialistas da área.

As Geotecnologias figuram-se como uma relevante ferramenta, apresentando-se muito eficiente tanto na velocidade – rapidez – como na qualidade – acurácia – para a produção e integração de informações. Dentre as Geotecnologias destacam-se o Processamento Digital de Imagens (PDI) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Estes ferramentais vêm se consolidando como potentes instrumentos para as atividades de planejamento, principalmente no que se refere à visualização de informações geográficas, análises espaciais e simulação de fenômenos (Carvalho, apud CORRÊA, 2003).

Visando a caracterização e delimitação das unidades geomorfológicas analisou-se a Carta de Piatã. A metodologia baseou-se no uso das Geotecnologias, aqui entendidas como a arte e técnica de estudar a superfície da Terra e adaptar as informações às necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos (SILVA, 2003), tendo sido utilizadas as ferramentas de PDI e SIG, as quais possibilitaram a análise da imagem e a integração dos dados anteriormente cartografados e dos produtos derivados dos classificadores, através do método Árvore de Decisão, delimitando-se as unidades geomorfológicas existentes.

2- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Carta de Piatã está inserida na Chapada Diamantina, mais precisamente a sudoeste dessa região, compreendendo as coordenadas de latitude de 13° a 13° 30` S e longitude de 41° 30` a 42° W (Figura. 1).

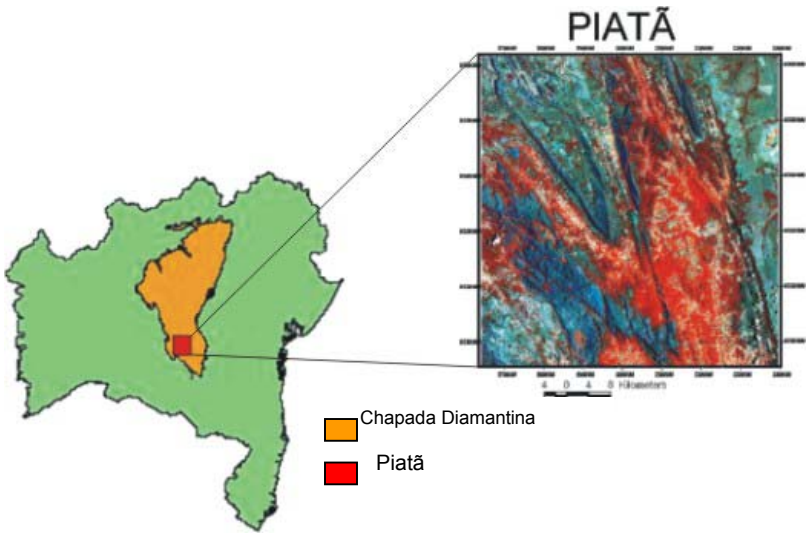

Figura 1: Localização da área de estudo, com destaque para a Folha Piatã na imagem com composição colorida R4G5B7.

3- MATERIAIS E MÉTODO

3.1- Base de Dados

Os produtos utilizados são provenientes de duas fontes: analógica e digital. Na realização da pesquisa, foram utilizados: i) a cena 217/69 do satélite Landsat 7 ETM+, com resolução espacial de 30 m, de 28/10/01; ii) o MDT da NASA-SRTM, resolução espacial de 90 m; iii) a carta topográfica de Piatã (SD.24-V-C-I) na escala de 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1976); iv) os mapas geomorfológico, geológico e de vegetação do Projeto RADAMBRASIL (1981), na escala de 1:1.000.000. Outros mapas temáticos, como o hidrográfico e o hipsométrico elaborados pela CPRM (2000) (Serviço Geológico do Brasil) e as fotografias registradas em campo foram também utilizadas. Esses dados foram processados nos softwares ENVI 3.5 e Arcview 3.3.

3.2- Método

A pesquisa se dividiu em quatro etapas principais: Levantamento e Compilação de Dados, Campanha de Campo, Processamento Digital da Imagem, e Integração de Dados (figura 2).

Figura 1: Fluxograma da Metodologia

3.2.1 – Levantamento e Compilação de Dados

A aquisição e o tratamento dos dados foram executados utilizando-se os métodos convencionais de pesquisa como interpretações de imagem de satélite e fotos convencionais, passando pela elaboração de mapeamentos temáticos através das Geotecnologias. Desta forma, foram utilizados dados em meio analógico e digital. No tratamento de dados no formato analógico empregam-se técnicas de fotointerpretação visual. O tratamento de dados digitais tem os mesmos objetivos da interpretação visual, ou seja, extrair informações sobre alvos da superfície terrestre, porém com automatização da análise de dados coletados por sensores remotos, visando substituir os procedimentos de interpretação visual (MOREIRA 2001). Assim para o desenvolvimento da pesquisa foi de fundamental importância o emprego das Geotecnologias, sendo necessário recorrer aos autores que se dedicam a esse estudo, tais como GALVÃO (2000); MENESES (2001), SILVA (2003) e CROSTA (1999). No que tange a Geomorfologia, a pesquisa teve como referências os autores GUERRA e CUNHA (2000) e ROSS (1991). Esta etapa embora seja considerada preliminar perpassa por toda a pesquisa.

3.2.2- Campanha de Campo

Esta etapa prática consistiu em observações realizadas na área de estudo visando à produção de informações que permitissem uma melhor fotointerpretação da imagem, através da identificação dos padrões de reflectância dos alvos. No campo foram coletados pontos com GPS, os quais posteriormente foram plotados na imagem, permitindo fazer uma associação destes, com seus respectivos registros fotográficos e à imagem de satélite.

Buscou-se fazer em campo uma análise integrada da paisagem por meio das observações acerca do tipo de vegetação, da Geologia, do solo e evidentemente do relevo e de seu modelado.

3.2.3- PDI- As informações da imagem sobre fenômenos ou objetos do mundo real, transformam a imagem de tal forma que as informações radiométricas contidas nela sejam facilmente discrimináveis pelo analista. Para tanto alguns procedimentos foram necessários, como mostrado na figura 3.

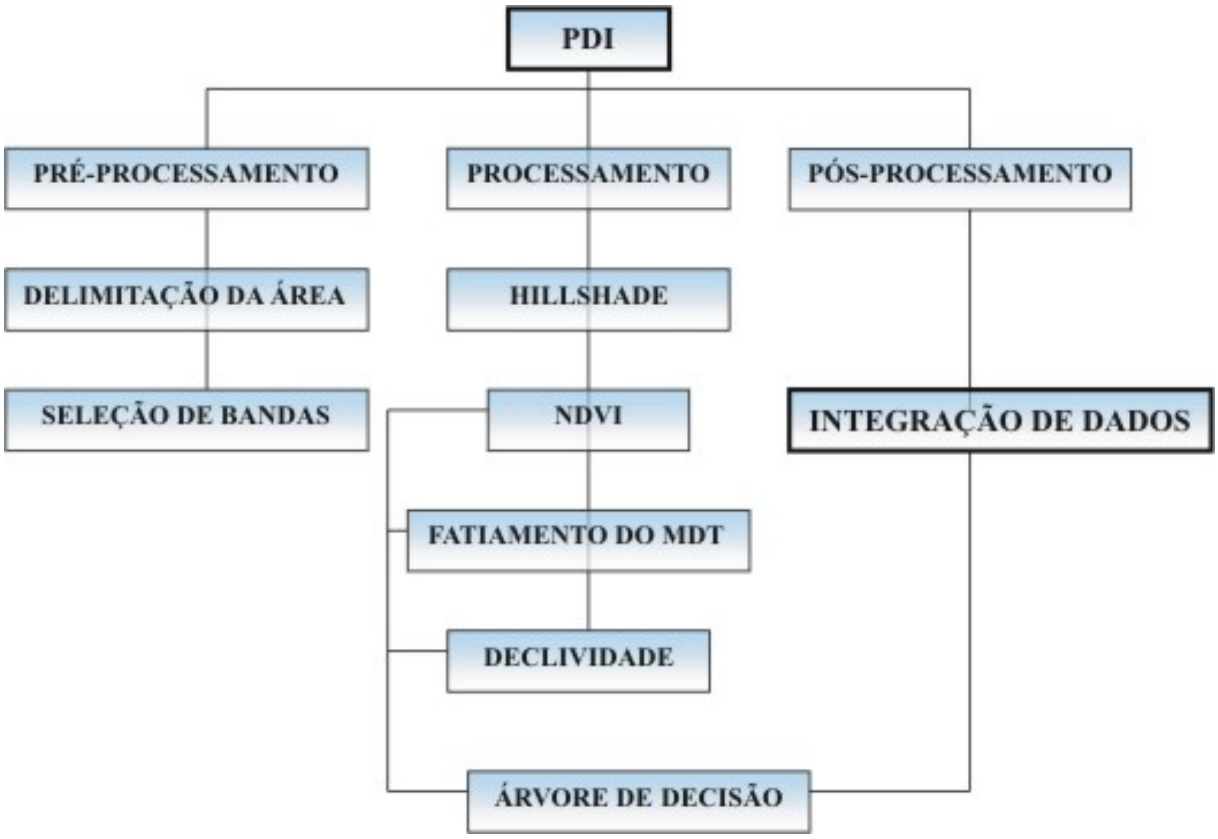

Figura 3: Fluxograma do processamento digital da imagem.

3.2.3.1-Pré-processamento

Nesta etapa realizou-se a delimitação da área na imagem e no MDT. Posteriormente testou-se as diferentes combinações de bandas na composição RGB, com o intuito de selecionar a que melhor realçasse as características da paisagem, visando auxiliar na delimitação das unidades geomorfológicas. Segundo Moreira (2001) a escolha da banda e da composição colorida tem como finalidade aumentar a acuidade do sistema visual humano em discernir diferentes feições na imagem, durante a fase de classificação. A escolha da composição de bandas é importante, porque na natureza os objetos têm a capacidade de exibir diferentes comportamentos de reflectância, em virtude de sua constituição física, química e biológica (MENESES & NETO 2001). A composição selecionada foi a R4G5B7 porque visualmente foi a que melhor realçou as feições geomorfólogicas da área.

3.2.3.2- Processamento

Esta fase consiste como uma das mais importantes da pesquisa porque segundo Moreira (2001, p.218) “as técnicas computacionais tentam simular a capacidade do sistema visual humano em reconhecer padrões espectrais nos dados remotamente sensoriados. A grande vantagem do uso do computador no reconhecimento de padrões espectrais, em relação à interpretação visual, reside no fato de que eles são capazes de processar um grande número de informações presentes na imagem, tarefa, esta, limitada ao ser humano”. Por isso alguns procedimentos foram necessários, os quais estão descritos a seguir.

i) Imagem NDVI
Consiste na técnica matemática de se medir o vigor da vegetação. Segundo Ippoliti apud Moreira (2001 p. 228), os índices de vegetação foram concebidos para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo. Então, para se avaliar o vigor da cobertura vegetal aplicou-se o Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI), expresso pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(IVP - Ver)}{(IVP + Ver)}$$

onde:
IPV è a energia refletida na região do infravermelho próximo
Ver é a energia refletida na região do vermelho do espectro eletromagnético respectivamente.

ii) MDT
Este é um tipo de Modelo Digital de Elevação (MDE) que corresponde à descrição espacial dos tipos de terreno, expressando de forma contínua o tipo de relevo, enquanto os MDEs correspondem a sistemas de representação digital de variação contínua de determinado relevo no espaço (SILVA, 2003). Sendo assim, é possível a partir do MDT visualizar o relevo, principalmente no que tange a altitude, além de possibilitar a geração de outros produtos como mapa de declividade, drenagem, hipsometria, entre outros. O fatiamento do MDT em intervalos de cotas altimétricas permitiu compartimentar o relevo, gerando o mapa hipsométrico. O Mapa de Declividade também se constitui como um produto derivado do MDT. A declividade medida em percentagem ou graus corresponde ao gradiente de um determinado terreno. Nesta pesquisa o mapa que foi produzido possui as classes de declividade que melhor definiram as unidades visualmente analisadas na imagem, após terem sido feitos vários testes.

iii) Árvore de Decisão - é um tipo de classificador em etapas que permite a partir de determinados critérios agregar todas as áreas que apresentam as características previamente selecionadas para gerar a categoria certa para cada pixel. As classes originadas por um conjunto de dados praticamente delimitaram as unidades geomorfológicas. A princípio foram geradas cinco macrounidades que posteriormente foram subdivididas e resultaram em doze unidades. A figura 4 mostra as etapas da Árvore de Decisão, a partir das quais as classes foram geradas.

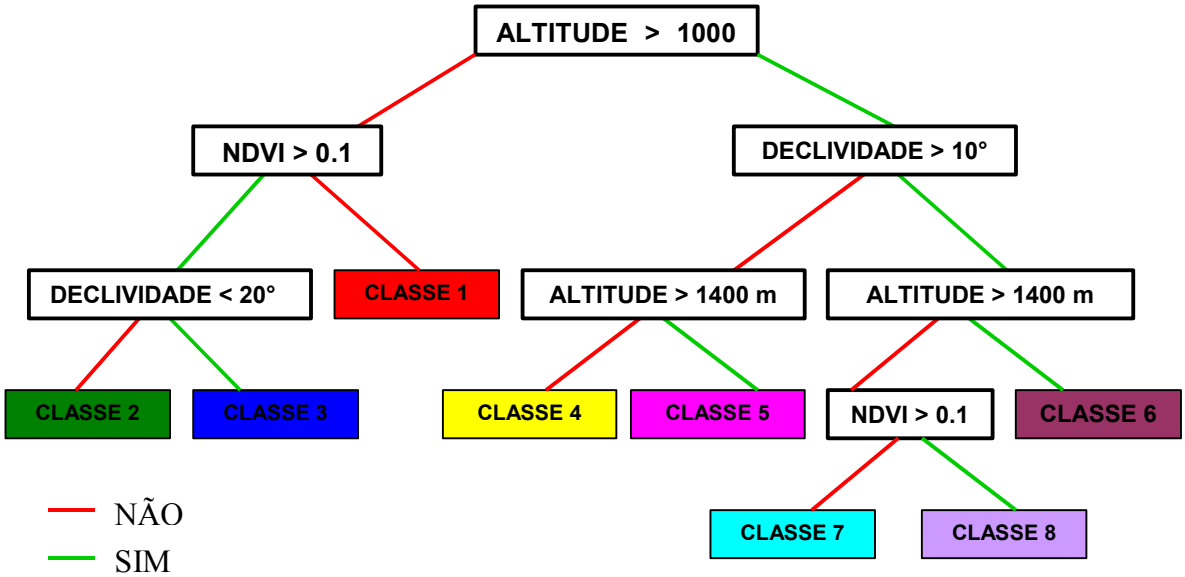

Figura 4: Fluxograma da Árvore de Decisão

3.2.4 – Integração de Dados

Para obtenção do mapa das unidades geomorfológicas foi imprescindível analisar e integrar os produtos derivados da pesquisa. Dessa forma, fez-se a sobreposição do Mapa Hidrográfico com o sombreamento do MDT, o que auxiliou na visualização da compartimentação do relevo, através da análise da drenagem. A árvore de decisão, por sua vez, serviu de grande relevância, considerando que esta produziu as classes a partir da integração dos dados. Tais classes foram vetorizadas, ainda recorrendo aos outros produtos, tais como mapa de declividade, mapa Hipsométrico e NDVI, definindo as unidades geomorfológicas que comporiam o mapa final. Estas foram denominadas de acordo com o nome de rios, cidades e nomes populares de algumas feições da paisagem.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1- Processamento Digital da Imagem

i) Índice de Vegetação

O NDVI obteve seis classes, compreendendo o intervalo de –0.6 a 0.6 (figura 5).

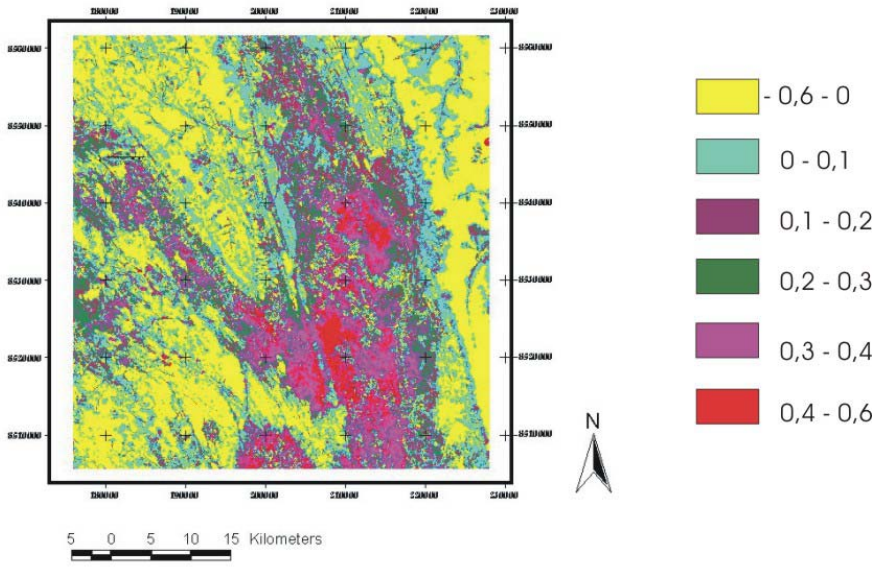

Figura 5: Mapa de NDVI

O vigor da vegetação é menor onde o tipo de rocha, as formas de relevo, a altitude, os solos incipientes e/ou empobrecidos em nutrientes, as condições de umidade e temperatura (microclima), além da ação humana, não proporcionaram o desenvolvimento da vegetação. Através da análise do NDVI pode-se perceber que a vegetação ocupou preferencialmente as áreas com altitudes menores, apresentando de forma mais sadia, com valores positivos entre 0.1 a 0.6, o que visualmente caracteriza as unidades das depressões. Nesta a vegetação é caracterizada como Estepe (caatinga) Arbórea Densa, Écotono (contato Savana-Estepe) e Agropecuária. Nos planaltos e serras predomina o Cerrado e suas subclasses (BRASIL, 1981).

ii) Derivados do processamento do MDT

***Hillshade* -** neste mapa a configuração do terreno com combinação colorida se apresenta de forma tridimensional (figura 6), facilitando a leitura e compreensão do relevo e do seu modelado, auxiliando, pois, na delimitação das unidades geomorfológicas.

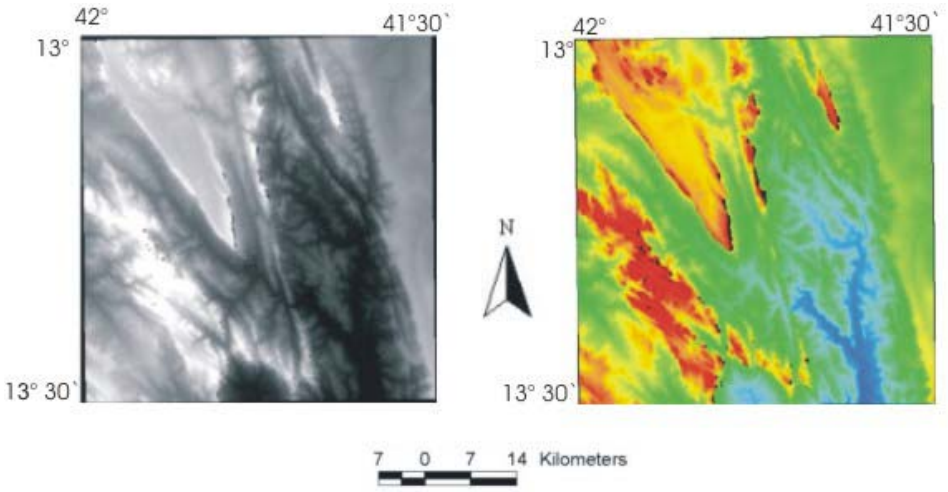

Figura 6: MDT (à esquerda) em "gray scale" e *Hillshade* (à direita) em composição colorida.

Mapa Hipsométrico – apresenta as cotas altimétricas em superfície contínua divididas em seis classes com intervalos distintos. Foi assim, compartimentado porque esta foi à forma que melhor configurou a visualização das unidades através da diferença altimétrica. As classes até 800 m e de 800 – 1000 m correspondem as depressões enquanto as que estão entre 1000 m e pouco mais de 2000 m são os planaltos e serras (figura 7). A integração de outros mapas possibilitou aperfeiçoar a delimitação das unidades geomorfológicas.

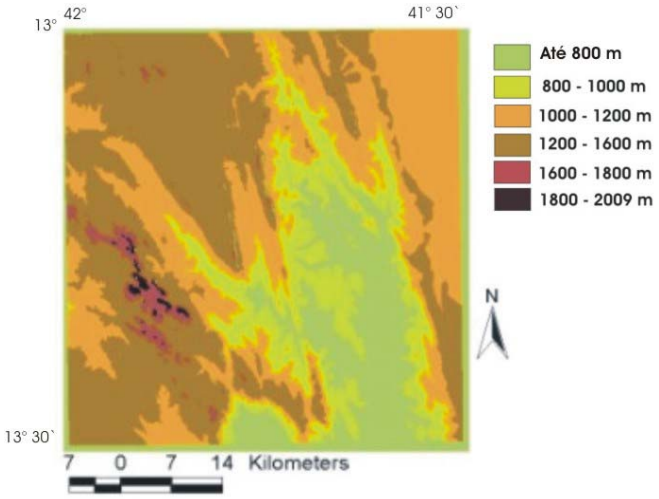

Figura 7: Mapa Hipsométrico

Declividade – o mapa de declividade está dividido em cinco classes, com valores que variam entre 0° e 84° (figura 8), apresentando, portanto, algumas áreas planas e outras bastante íngremes. Os maiores valores situam-se nas encostas dos planaltos e principalmente nas das serras, onde existe um forte controle estrutural devido à resistência litológica. Tal mapa revelou que a área de estudo, além possuir altitudes elevadas, apresenta uma grande extensão com baixa declividade de máximo 10°, constituindo-se em áreas relativamente planas, a exemplo dos topos dos planaltos. As depressões chegam a alcançar no máximo 20°, onde certamente o processo erosivo atua com maior evidência.

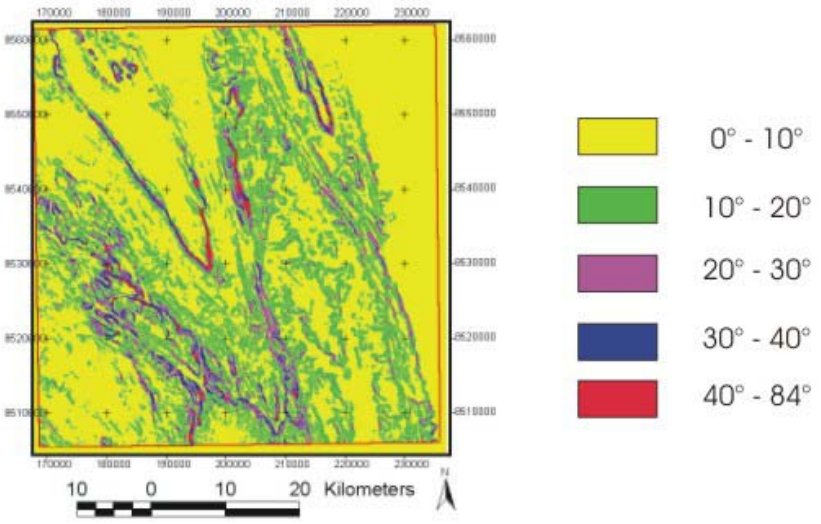

Figura 8: Mapa de Declividade

iii) **Árvore de Decisão** – neste mapa as classes já se encontram quase totalmente delimitadas como mostrou o fluxograma da árvore de decisão (figura 4), sendo que cada cor representa uma combinação de características que permite a geração de classes (figura 9).

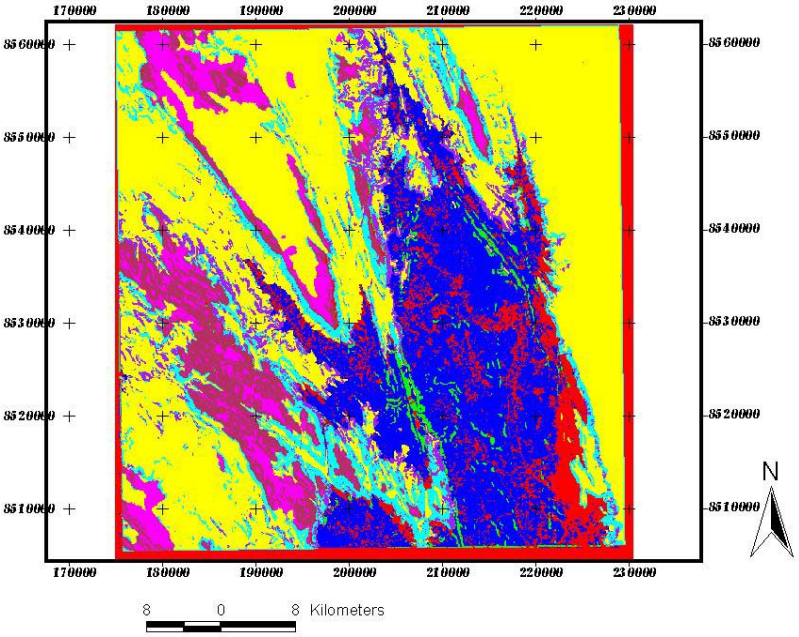

Figura 9: Árvore de Decisão

4.2- Integração de Dados – a vetorização feita na Árvore de Decisão aliada as informações produzidas pelos outros mapas possibilitou a delimitação de doze unidades geomorfológicas, caracterizada em termos macros por duas feições distintas que são as Depressões, região mais rebaixada e os Planaltos, região cimeira, e ainda uma especificidade desta última aqui denominada de Serras por apresentar as vertentes íngremes. O mapa abaixo (figura 10) representa as Unidades Geomorfológicas, que foram delimitadas na pesquisa.

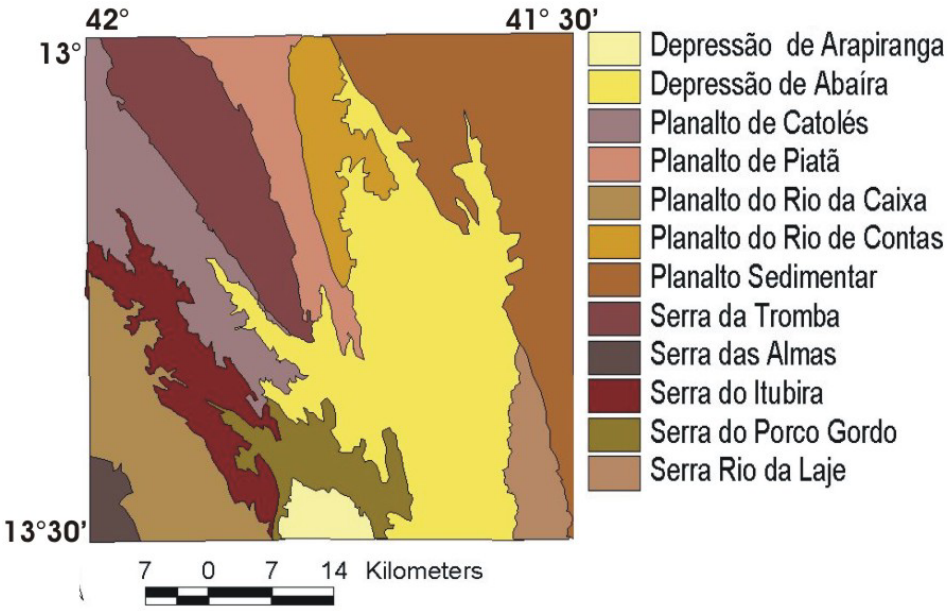

Figura 10: Mapa das Unidades Geomorfológicas

Planalto Sedimentar - encontra-se escalonado entre 1000 e 1400 m de altitude, constituindo terrenos tabulares com textura lisa e declividade inferior a 10°. É uma área de cobertura detrítica que está geneticamente ligada aos ciclos de aplainamentos do final do Fanerozóico, distribuindo-se nas superfícies elaboradas por estes ciclos.

Depressão de Abaíra - esta unidade geomorfológica constitui-se numa superfície relativamente deprimida, com altitude de até 800 m, onde se encontra o Pediplano Sertanejo cercado por relevos relativamente mais elevados, como o Pediplano Central, este caracterizado pelos altiplanos com altitude predominantemente de até 1000 m; a topografia quase totalmente plana, porém com relevos residuais que se salientam e com declividades em até 20°. O substrato geológico é formado pela Formação Seabra e pelo Complexo de Granitóides. Nesta unidade, em relação às demais, a vegetação se destaca, sendo caracterizada como caatinga, tendo o NDVI superior a 0.1.

Serra da Tromba - esta unidade é caracterizada pelo relevo escarpado com declividade de até 84°, o topo, porém apresenta no máximo 10°, altitude de 1200 até 1600 m, formando a Anticlinal de Piatã. Em termos de substrato geológico predomina a Formação Caboclo, contornada pela formação Tombador. O relevo nesta unidade sofreu o processo de dissecação diferencial, sendo que as elevações residuais, nas Serras da Tromba e do Atalho, são denominadas de borda sinclinal suspensa.

Serra do Itubira - relevo montanhoso em estruturas dobradas, da parte ocidental da Chapada Diamantina, sobre o extrato geológico da Formação Seabra, com altitude superior a 1400 m e NDVI menor que 0.1. A declividade nesta unidade se apresenta bastante expressiva em relação às demais, alcançando 84°, sendo uma área de topografia peculiar, com destaque para os pontos mais elevados da Bahia que são o Pico do Barbado e o do Itubira, ambos localizados na Serra da Mesa, com altitude, oficialmente registrada, de 2.033 m e 1970 m, respectivamente.

Planalto do Rio da Caixa - trecho aplanado, considerado como pediplano elaborado em sucessivas fases e parcialmente dissecados, com declividade inferior a 10° e altitude não superior a 1400 m. Apresenta-se desnudo, com NDVI de até 0.1.

Planalto do Rio de Contas - possui altitude de 1000m a mais de 1400m; NDVI menor que 0.1; a declividade se apresenta de forma bastante variada, com áreas planas e outras em declive atingindo mais de 40°; Geologicamente é caracterizada por rochas metamórficas compostas por metaconglomerados e quartizitos.

Serra do Rio da Laje **-** altitudes predominando em ate 1000m; NDVI inferior a 0.1; metarenito, metaconglomerado, e granito; declividade de até 30°

Serra do Porco Gordo - relevo escarpado com altitudes entre 1000 e 1600 m; declividade entre 10° e 40°; apresenta baixo valor de NDVI, compreendendo o intervalo entre –0.6 e 0.1; a estrutura geológica é caracterizada pelos metaconglomerados e quartzitos;

Depressão de Arapiranga **-** altitude menor que 1000 m; é uma das unidades que possui valores elevados de NDVI alcançando até 0.6, apresentando-se a vegetação de forma muito expressiva em relação a toda área de estudo; declividade menor que 20°;

Planalto de Catolés - altitude entre 1000 e 1600 m; algumas áreas pontuais apresentando NDVI entre 0.1 a 0.6 e declividade maior que 10°, caracterizada geologicamente como metarenito.

Planalto de Piatã - altitude entre 1000 e 1400 m; declividade menor que 10°; NDVI de até 0.1; a estrutura geologica é composta por metarenito, metaconglomerado e quartzito.

Serra das Almas - altitude superior a 1400 m; declividade menor que 10°; metarenito e metaconglomerado caracterizam a geologia desta unidade e apresenta baixo NDVI, com rocha exposta.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das Geotecnologias, por meio das ferramentas PDI e SIG, mostrou-se eficiente na delimitação bem como, na caracterização das unidades geomorfológicas. Contudo, estas ainda necessitam de aperfeiçoamento, principalmente nas áreas não contempladas pela campanha de campo. Os resultados obtidos demonstram avanços, tendo em vista que os mapas foram gerados de forma rápida e com custo relativamente baixo. Além disso, o mapeamento que se tinha da área era em pequena escala, não oferecendo, dessa forma, uma riqueza de detalhes. A análise e o mapeamento Geomorfológico se faz cada vez mais relevante posto que, é sobre as formas de relevo que os elementos naturais e culturais da paisagem se desenvolvem, aos quais a geografia se destina a estudar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia: Projeto RADAMBRASIL. Vol.24, 1981.

CORRÊA, L. da S. L., KULMAN, D., ROBAINA, L. E. de S. Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Arroio Caraguataí/RS. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, X, Rio de Janeiro. Geouerj,2003. CD-ROM.

CROSTA, Álvaro P. **Processamento Digital de imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas: IG/Unicamp, 2003.

GALVÃO, Lênio Soares. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais.** Brasília: UNB, 2000, p. 251.

GUERRA & CUNHA (org). **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

LEAL, L.R., ANDRADE, A. C., CARVALHO. JR., O. A., GUIMARÃES, R. F., PANQUESTOR, E. K., RAMOS, V. M. Definição de Unidades Geomorfológicas a partir de Imagens de Dados Morfométricos na Bacia do Rio Grande (BA). IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, XI, Belo Horizonte. INPE, 2003. CD-ROM.

MENESES, P. R. e NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais.** Brasília. UNB, 2001.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento.** São Paulo: Contexto, 1991.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geográficas Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas. Unicamp, 2003.

SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), folha SD-24-V-C-I, 1976.